添加过瘤胃蛋氨酸、赖氨酸对荷斯坦奶公牛生长性能和胴体化学成分的影响[1]

韩云胜　曲永利*　袁　雪　王志博　殷溪瀚　李　伟　潘琪琪　王　冠　高　岩

（黑龙江八一农垦大学动物科技学院，大庆 163319）

摘　要：本文旨在研究在基础饲粮中添加过瘤胃蛋氨酸（RPMet）、过瘤胃赖氨酸（RPLys）对荷斯坦奶公牛生长性能和胴体化学成分的影响，探讨用 RPMet 和 RPLys 替代部分饲粮粗蛋白质的可行性。试验采用完全随机设计，选择 12 月龄左右，体重、体尺相近的健康奶公牛 25 头，随机分为 5 组，每组 5 头。对照组饲喂基础饲粮，4 个试验组 M15、L30、M15+L30、LCP 组分别在基础饲粮中添加 RPMet 15 g/d、RPLys 30 g/d、RPMet 15 g+RPLys 30 g/d、RPMet 15 g+RPLys 30 g/d（同时降低饲粮粗蛋白质 2.20%）。预试期 10 d，正试期 150 d。结果表明，与对照组相比：1）基础饲粮中添加 RPMet 和 RPLys 对奶公牛干物质采食量无显著影响（$P>0.05$）；L30、M15+L30、LCP 组末重和平均日增重显著增加（$P<0.05$），且均以 M15+L30 组最高，但 M15+L30 组与 LCP 组无显著差异（$P>0.05$）；M15+L30 和 LCP 组料重比显著降低（$P<0.05$），以 M15+L30 组最低，这 2 组间差异不显著（$P>0.05$）。2）M15+L30 和 LCP 组奶公牛胸围和胴体中粗蛋白质含量显著提高（$P<0.05$），这 2 组间差异不显著（$P>0.05$）。3）M15+L30 和 LCP 组奶公牛胴体中必需氨基酸苏氨酸、亮氨酸、精氨酸的含量显著提高（$P<0.05$），这 2 组间差异不显著（$P>0.05$），M15+L30 组异亮氨酸含量显著提高（$P<0.05$）；M15+L30 和 LCP 组奶公牛胴体中非必需氨基酸中天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、脯氨酸以及总氨基酸含量显著提高（$P<0.05$），L30 和 M15+L30 组酪氨酸含量显著提高（$P<0.05$），这 2 组间均无显著差异（$P>0.05$）。由此可见，饲粮中添加 RPMet 和 RPLys 在一定程度上提高了奶公牛的生长性能，增加胴体中蛋白质的合成和氨基酸沉积，且添加 RPMet 15 g+RPLys 30 g/d 能够在一定程度上替代部分饲粮粗蛋白质（2.20%）。

关键词：过瘤胃蛋氨酸；过瘤胃赖氨酸；荷斯坦奶公牛；生长性能；胴体化学成分

收稿日期：2015-09-01

基金项目：国家科技部支撑项目“东北农区奶牛规模化健康养殖生产技术集成和产业化示范”（2012BAD12B05-01）；黑龙江省农垦总局项目“黑龙江垦区规模化奶牛场增产关键技术研究与示范”（HNK125B-11-02）

作者简介：韩云胜（1989-），男，吉林四平人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。E-mail: 1054968454@qq.com

*通信作者：曲永利，教授，博士生导师，E-mail: Ylqu007@126.com

中图分类号：S823

蛋氨酸（Met）和赖氨酸（Lys）是反刍动物代谢蛋白中的主要限制性氨基酸，也是反刍动物生长过程中的第一或第二限制性氨基酸。研究限制性氨基酸对改善反刍动物代谢蛋白质的氨基酸平衡、提高蛋白质饲料的利用效率以及降低反刍动物粪尿中氮的排放量具有促进作用。同时，这对建设经济节约型和环境友好型社会也具有重要意义。因此，反刍动物氨基酸营养尤其是限制性氨基酸营养的研究成为了蛋白质营养研究领域的实质和核心[1]。过瘤胃氨基酸是应用某种方法把氨基酸进行修饰或保护起来，避免其被瘤胃内微生物降解[2]，以改善小肠可吸收氨基酸的平衡，提高其吸收利用率。近几年，国内外对蛋氨酸和赖氨酸的研究主要集中在添加过瘤胃蛋氨酸（RPMet）和过瘤胃赖氨酸（RPLys）以提高奶牛产奶量、乳蛋白率[3]和肉牛生长性能[4]，降低饲粮蛋白质水平等方面[5]。丁洪涛等[4]研究表明，在夏洛来牛基础饲粮中分别添加 RPMet 30 g/d、RPLys 30 g/d、RPLys 30 g/d+RPMet 30 g/d 的复合物，平均日增重（ADG）较对照组分别提高 9%、6%、9%，说明 RPMet 和 RPLys 在肉牛上有较好的应用效果。随着我国牛肉资源日益短缺，牛肉价格持续上涨，奶牛数量激增，奶公牛育肥成了奶公犊的重要利用方式和不可忽视的牛肉资源。郭亮等[6]研究表明，提高奶公牛饲粮中蛋白质和能量水平，可提高奶公牛肉骨比和净肉量，改善肉质。因此，如何通过营养调控来提高奶公牛生长性能和肉质已成为肉牛养殖的新挑战。目前，有关 RPMet 和 RPLys 在奶公牛上的应用国内还未见过相关的报道。

本文以 12 月龄左右的奶公牛为研究对象，研究添加 RPMet、RPLys、RPMet+RPLys 对奶公牛生长性能和胴体化学成分的影响；并探讨用 RPMet 和 RPLys 替代部分饲粮粗蛋白质（CP）的可行性；为 RPMet、RPLys 在奶公牛上的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物与试验设计

试验采用完全随机设计，选择 12 月龄左右，体重、体尺相近的健康奶公牛 25 头，随机分为 5 组，每组 5 头，试验牛只基本信息见表 1。对照组饲喂基础饲粮，4 个试验组分别在基础饲粮中添加 RPMet 15 g/d（M15 组）、RPLys 30 g/d（L30 组）、RPMet 15 g/d + RPLys 30 g/d（M15+L30 组）、RPMet 15 g/d +RPLys 30 g/d（同时降低饲粮 CP 2.20%）（LCP 组）。试验预试期为 10 d，正试期为 150 d。

表 1　试验荷斯坦奶公牛基本信息

Table 1　Experimental Holstein bulls basal information

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	M15	L30	M15+L30	LCP
体重 Body weight/kg	279.00±25.28	281.61±22.74	282.60±20.15	283.02±29.30	281.76±26.54
体高 Body height/cm	126.01±1.58	128.85±3.56	134.07±6.81	133.29±4.43	133.82±1.09
体斜长 Body length/cm	135.20±3.27	134.45±8.10	135.64±5.68	135.05±5.41	131.29±9.93
胸围 Chest girth/cm	171.82±2.48	171.24±2.61	169.65±2.20	170.40±6.87	172.83±6.42

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。表 3、表 4 和表 5 同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as Table 3, Table 4, and Table 5.

1.2　试验饲粮

RPMet 和 RPLys 购自北京亚禾有限公司，瘤胃保护率分别为 60.25%、68.81%；粗料为羊草，基础饲粮参照我国《肉牛饲养标准》（NY/T 815-2004）配制，按照 300 kg 肉牛体重日增重 1 kg/d 的营养需要设计配方，基础饲粮组成及营养水平见表 2。

表 2　基础饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table2　Composition and nutrient levels of basal diets (DM basis)　　　%

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	M15	L30	M15+L30	LCP
原料 Ingredients					
玉米 Corn	37.09	37.09	37.09	37.09	40.15
豆粕 Soybean meal	13.65	13.65	13.65	13.65	7.15
麦麸 Wheat bran	6.50	6.50	6.50	6.50	9.80
石粉 Limestone	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
食盐 NaCl	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
小苏打 $NaHCO_3$	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix[1)]	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
羊草 Chinensis wildrye	39.90	39.90	39.90	39.90	40.04
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
额外添加 Extra additives					
过瘤胃蛋氨酸 RPMet/g		15.00		15.00	15.00
过瘤胃赖氨酸 RPLys/g			30.00	30.00	30.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
综合净能 NE_{mf}/(MJ/kg)	5.52	5.52	5.52	5.52	5.73
粗蛋白质 CP	13.40	13.40	13.40	13.40	11.20

中性洗涤纤维 NDF	38.14	38.14	38.14	38.14	39.40
酸性洗涤纤维 ADF	24.05	24.05	24.05	24.05	24.33
钙 Ca	0.71	0.71	0.71	0.71	0.69
磷 P	0.54	0.54	0.54	0.54	0.56

1) 每千克预混料含有 One kg of premix provides the following：VA 250 000 IU，VD_3 40 000 IU，VE 1 000 IU，Cu 1 g，Zn 3 g，Fe 5 g，Mn 4 g，I 50 mg，Se 10 mg，Co 10 mg。

2) 综合净能为计算值[7]，其余为实测值。NE_{mf} was a calculate value[7]， while others were measured values.

1.3 饲养管理

试验牛统一驱虫后，饲养于同一牛舍内，每头牛定位栏单槽拴系饲养。每日饲喂 2 次（08：00 和 16：00），羊草每天定量饲喂 5 kg，精料补充料饲喂量（上限）按体重的 2%饲喂，每 2 周按体重和采食量酌情更换 1 次精料饲喂量；粗料和精料分开饲喂，采用先粗后精的饲喂方式进行饲喂。每天喂料 0.5 h 后饮水。

1.4 样品和数据采集

饲粮样品的采集：在预试期最后 1 天，正试期第 50、100、150 天，用四分法收集精料和粗料样品各 1 kg，用于测定饲料中各种营养物质的含量。

体重体尺：于试验开始和结束时分别测量体重（07：00 进行空腹称重）、体尺。

牛肉样品的采集：试验牛屠宰前禁食 24 h 后称重；屠宰后，0~4 ℃排酸 48 h，取 12~13 肋间眼肌的肉样，去皮、去筋、去脂后，于-80 ℃冷冻保存。

1.5 分析和测定方法

饲粮营养物质含量：测定方法参见《饲料分析及饲料质量检测技术》[8]。CP 含量采用 FOSS 全自动凯氏定氮仪测定，酸性洗涤纤维（ADF）和中性洗涤纤维（NDF）含量采用 ANKOM A2000i（滤袋技术）全自动纤维仪测定，钙含量采用高锰酸钾法测定，磷含量采用钒钼酸铵比色法测定。

生长性能：体重用地秤称量；体高（鬐甲最高点到地面的垂直距离）、体斜长（肩端到坐骨端的距离）用测杖测量，胸围（肩胛骨后角处体躯的垂直周径）用皮卷尺测量；总增重为末重和初重之差；ADG 为总增重除以试验天数；料重比（F/G）为每千克体增重所消耗的饲粮；记录每天的采食量，并计算干物质采食量（DMI）。

胴体化学成分：牛肉常规营养成分测定参照 AOAC 法[9]进行；取保存的眼肌肉样 500 g，绞碎后，水分用真空高温干燥法测定；CP 含量用半微量凯氏定氮法测定；粗灰分含量用灼

烧重量法测定；粗脂肪含量用索氏脂肪抽提法测定；胴体中氨基酸含量采用 Tecator-l030 定氮仪和安捷伦液相色谱仪进行测定。

1.6 统计分析

数据经 Excel 整理后，采用 SPSS 19.0 进行方差分析，Duncan 氏法进行多重比较，试验数据用“平均值±标准误”表示；以 $P<0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 增重和体尺

从表 3 可知，饲粮中添加 RPMet 和 RPLys 对奶公牛 DMI 无显著影响（$P>0.05$）。与对照组相比，L30、M15+L30、LCP 组末重显著增高（$P<0.05$），其中 M15+L30 组末重最高, 与 LCP 组差异不显著（$P>0.05$），而显著高于 L30 组（$P<0.05$）。L30、M15+L30、LCP 组的 ADG 显著高于对照组（$P<0.05$），M15+L30、LCP 组间差异不显著（$P>0.05$），但这 2 组显著高于 L30 组（$P<0.05$）。M15+L30、LCP 组料重比显著低于对照和 M15 组（$P<0.05$），这 2 组间差异不显著（$P>0.05$）。M15+L30 和 LCP 组奶公牛胸围显著高于对照组（$P<0.05$），这 2 组间差异不显著（$P>0.05$）。各组间体高、体斜长差异均不显著（$P>0.05$）。

表 3 添加 RPMet 和 RPLys 对荷斯坦奶公牛增重和体尺的影响

Table3 Effects of RPMet and RPLys supplementations on weight gain and body measurements of Holstein bulls

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	M15	L30	M15+L30	LCP
初重 Initial weight/kg	279.00±25.28	281.61±22.74	282.60±20.15	283.02±29.30	281.76±26.54
末重 Finial weight/kg	435.31±24.71^{c}	442.60±20.13^{bc}	456.61±24.44^{b}	486.90±20.60^{a}	475.77±25.99^{ab}
干物质采食量 DMI/（kg/d）	10.51±0.12	10.54±0.23	10.62±0.13	10.98±0.20	10.57±0.16
平均日增重 ADG/（kg/d）	1.04±0.12^{c}	1.07±0.14^{bc}	1.16±0.05^{b}	1.36±0.09^{a}	1.29±0.04^{a}
料重比 F/G	10.11±0.86^{a}	9.85±0.94^{a}	9.16±1.10^{ab}	8.08±0.47^{b}	8.19±0.72^{b}
体高 Body height/cm	146.19±7.26	148.79±6.39	147.20±5.44	149.35±3.58	146.84±8.80
体斜长 Body length/cm	158.33±4.65	161.15±8.48	159.11±6.48	160.19±6.81	161.55±5.15
胸围 Chest girth/cm	180.17±4.35^{b}	187.05±7.30^{ab}	182.09±5.05^{ab}	189.33±7.52^{a}	189.31±7.78^{a}

2.2 胴体化学成分

由表 4 可知，与对照组相比，M15+L30 和 LCP 组胴体 CP 含量显著增高（$P<0.05$），这 2 组间差异不显著（$P>0.05$）。奶公牛胴体中粗脂肪、粗灰分、水分含量各组间差异均不显著（$P>0.05$）。

表 4 添加 RPMet 和 RPLys 对荷斯坦奶公牛胴体化学成分的影响

Table 4 Effects of RPMet and RPLys supplementations on carcass chemical composition of Holstein bulls %

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	M15	L30	M15+L30	LCP
粗蛋白质 CP	19.39±0.83^{b}	18.95±0.91^{b}	19.89±0.68^{b}	22.97±0.79^{a}	22.75±0.59^{a}
粗脂肪 EE	3.98±0.74	4.12±0.98	3.76±1.56	3.98±1.33	3.72±1.06
粗灰分 Ash	1.12±0.18	1.14±0.31	1.11±0.35	1.09±0.27	1.06±0.26
水分 Moisture	75.25±5.84	75.65±2.15	75.10±4.58	71.66±4.57	72.34±6.15

2.3 胴体氨基酸含量

由表 5 可知，胴体中必需氨基酸（EAA），M15+L30 和 LCP 组的苏氨酸、亮氨酸、精氨酸显著高于对照、M15、L30 组（P<0.05），这 2 组间差异不显著（P>0.05）；M15+L30 组异亮氨酸显著高于其余 4 组（P<0.05），其余 4 组间差异不显著（P>0.05）。胴体中非必需氨基酸（NEAA），天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、脯氨酸含量均是 M15+L30 和 LCP 组显著高于对照、M15、L30 组（P<0.05）；M15+L30 和 LCP 组间差异不显著（P>0.05）；L30 和 M15+L30 组酪氨酸含量显著高于其余 3 组（P<0.05），这 2 组间无显著差异（P>0.05）;总氨基酸（TAA）含量 M15+L30 和 LCP 组显著高于其他 3 组（P<0.05）。EAA 占 TAA 比例对照组>L30 组>M15 组>LCP 组>M15+L30 组,组间差异不显著（P>0.05）。

表 5 添加 RPMet 和 RPLys 对荷斯坦奶公牛胴体氨基酸含量的影响

Table 5 Effects of RPMet and RPLys supplementations on carcass amino acid contents of Holstein bulls

项目 Items	组别 Groups				
	对照 Control	M15	L30	M15+L30	LCP
氨基酸含量 AA content/%					
苏氨酸 Thr*	0.83±0.02^{b}	0.76±0.17^{b}	0.82±0.25^{b}	0.95±0.12^{a}	0.93±0.35^{a}
缬氨酸 Val*	0.90±0.05	0.80±0.56	0.87±0.19	1.01±0.23	0.96±0.21
蛋氨酸 Met*	0.53±0.15	0.46±0.15	0.49±0.15	0.54±0.12	0.54±0.10
异亮氨酸 Ile*	0.86±0.31^{b}	0.79±0.13^{b}	0.87±0.14^{b}	1.01±0.10^{a}	0.84±0.19^{b}
亮氨酸 Leu*	1.44±0.05^{b}	1.38±0.44^{b}	1.49±0.16^{b}	1.57±0.18^{a}	1.66±0.33^{a}
苯丙氨酸 Phe*	0.89±0.05	0.72±0.40	0.80±0.56	0.88±0.09	0.85±0.35
赖氨酸 Lys*	1.65±0.08	1.50±0.10	1.62±0.41	1.74±0.15	1.70±0.25
组氨酸 His*	0.66±0.15	0.59±0.09	0.72±0.34	0.63±0.23	0.67±0.23
精氨酸 Arg*	1.21±0.15^{b}	1.13±0.25^{b}	1.23±0.08^{b}	1.42±0.22^{a}	1.40±0.14^{a}
天冬氨酸 Asp**	1.50±0.48^{b}	1.55±0.75^{b}	1.68±0.26^{b}	2.07±0.14^{a}	1.91±0.14^{a}
丝氨酸 Ser**	0.62±0.18^{b}	0.68±0.14^{b}	0.74±0.68^{b}	0.82±0.22^{a}	0.85±0.43^{a}
谷氨酸 Glu**	2.94±0.25^{b}	2.75±0.64^{b}	2.99±0.15^{b}	3.43±0.12^{a}	3.39±0.25^{a}
甘氨酸 Gly**	0.96±0.30^{b}	0.94±0.26^{b}	1.01±0.16^{b}	1.38±0.31^{a}	1.37±0.27^{a}
丙氨酸 Ala**	1.08±0.25^{b}	1.02±0.42^{b}	1.10±0.33^{b}	1.35±0.14^{a}	1.31±0.25^{a}
半胱氨酸 Cys**	0.13±0.10^{b}	0.13±0.17^{b}	0.14±0.24^{b}	0.21±0.26^{a}	0.17±0.14^{a}

脯氨酸 Pro**	0.75 ± 0.11^{b}	0.76 ± 0.37^{b}	0.84 ± 0.19^{b}	1.02 ± 0.28^{a}	1.04 ± 0.46^{a}
酪氨酸 Tyr**	0.63 ± 0.23^{b}	0.58 ± 0.53^{b}	0.80 ± 0.14^{a}	0.84 ± 0.19^{a}	0.69 ± 0.14^{b}
总氨基酸 TAA	17.58 ± 0.83^{b}	16.55 ± 0.5^{b}	18.03 ± 0.58^{b}	20.87 ± 0.62^{a}	20.37±0.69
占总氨基酸比例 Percentage of TAA/%					
必需氨基酸 EAA	51.03±2.42	49.13±1.48	49.41±1.58	46.46±1.37	46.88±1.59
非必需氨基酸 NEAA	48.97±2.00	50.87±1.64	50.59±1.67	53.54±1.62	53.12±1.83

*必需氨基酸 EAA，**非必需氨基酸 NEAA。

3 讨 论

3.1 添加 RPMet 和 RPLys 对荷斯坦奶公牛增重和体尺的影响

肉牛肥育是以获得高日增重、优质牛肉和提高饲料转化率为目的，所以，肉牛的生长性能可通过 ADG、料重比来直接体现。本试验中 L30、LCP、M15+L30 组奶公牛末重和 ADG 均得到了显著提高，且以 M15+L30 组最优。这与丁洪涛等[4]报道相符。本试验中与对照组相比，料重比 LCP、M15+L30 组均显著地降低，以 M15+L30 组最低，这与 Veira 等[10]的试验结果相同。这可能与蛋氨酸和赖氨酸是玉米-豆粕型饲粮的主要限制性氨基酸有关[11-12]。这说明 RPMet 和 RPLys 的添加改善了小肠内的氨基酸平衡，避免了因限制性氨基酸缺乏而导致其他氨基酸的吸收障碍，从而提高了氨基酸的利用效率。这可能也是本试验中奶公牛末重、ADG、料重比均以 M15+L30 组最优的原因。另外，由于氨基酸是蛋白质的基本功能单位，所以蛋白质水平将影响过瘤胃氨基酸的应用效果。对于本试验所探讨的应用 RPMet 和 RPLys 替代奶公牛饲粮中部分蛋白质的可行性。云强等[13]研究表明，将饲粮中 CP 水平由 14.67%降至 12.02%后添加 RPMet 和 RPLys，犊牛体增重超过 CP 含量为 14.67%的饲粮组，说明用 RPMet 和 RPLys 替代饲粮中部分 CP 甚至能提高犊牛的生长性能。本试验中 LCP 组奶公牛的末重、ADG 略低于 M15+L30 组，料重比略高于 M15+L30 组，2 组之间差异不显著。这说明本试验用 RPMet 15 g/d+RPLys 30 g/d 替代基础饲粮中部分 CP 能够提高奶公牛的生长性能。这与云强等[13]的研究结果一致。但 Archibeque 等[14]给阉牛分别饲喂含 RPMet 精料和高蛋白质干草、含 RPMet 精料和低蛋白质干草时发现，相同 RPMet 添加量时，沉积氮和 ADG 均以高蛋白质干草组高于低蛋白质干草组。这与本试验结果不同，说明 RPMet 和 RPLys 在肉牛上的应用效果可能受饲粮和动物品种等因素影响。

体尺是生长性能评定和动物遗传选育中重要的体型外貌和表型性状量化指标，且与很多重要经济性状密切联系[15]。本试验中 M15+L30 和 LCP 组胸围显著高于对照组。这可能与奶公牛全身肌肉结构比例发生改变有关，因为随着育肥时间增长，颈部、肩部肌肉比例开始增

加。说明本试验中添加 RPMet 15 g/d+RPLys 30 g/d 更能促进此阶段肉牛颈部、肩部肌肉的生长。这与 Owens 等[16]的报道相符。遗传潜力决定着动物体尺，但是遗传潜力的发挥受饲粮营养水平的限制。而 LCP 组的胸围与 M15+L30 组差异不显著，表明添加 RPMet 15 g/d+RPLys 30 g/d 在保证奶公牛生长发育的情况下，能够替代奶公牛基础饲粮 2.20%的 CP。

3.2 添加 RPMet 和 RPLys 对荷斯坦奶公牛胴体化学成分的影响

牛肉中主要的营养物质包括蛋白质、脂肪、水分等。肉中高蛋白质含量符合人们对肉类食品的要求，而一定的脂肪水平又可保证牛肉的适口性，所以牛肉中各种营养物质含量是评定牛肉的重要指标。薛丰等[17]研究在肉牛饲粮中添加 RPLys 对牛肉品质及肉质性状的影响时发现，试牛背膘厚呈线性降低，以添加赖氨酸 15 g/d 能够显著降低背膘厚度，且显著提高胴体中蛋白质含量。这与本试验结果不同，本试验中 M15 和 L30 组奶公牛胴体中 CP 含量没有显著升高，而是 M15+L30 和 LCP 组显著升高，这可能与 RPMet 和 RPLys 的添加量、饲粮类型、肉牛品种有关。本试验中奶公牛胴体中粗脂肪、粗灰分、水分含量各组间差异均不显著，这与 Hussein 等[18]的报道一致，即：在高精料饲粮中添加赖氨酸不会对荷斯坦奶牛胴体品质产生影响。本试验中 LCP 组奶公牛胴体中 CP 含量与 M15+L30 组差异不显著，且粗脂肪、粗灰分、水分含量与对照、M15、L30 组差异不显著。这说明用 RPMet 15 g/d+RPLys 30 g/d 替代饲粮中 2.20%的 CP 并不影响牛肉的适口性（粗脂肪）和嫩度（水分）；反而提高了肌肉蛋白质的合成，这与上述奶公牛增重指标的结果相符。

3.3 添加 RPMet 和 RPLys 对荷斯坦奶公牛胴体氨基酸含量的影响

由于肌肉是动物机体最大的氨基酸代谢池，也是体内 EAA 的最大需求组织，所以把肌肉组织的氨基酸组成作为生长动物参比蛋白质是最佳选择[19]。EAA 是指动物机体无法通过自身合成或合成量不能满足机体需要，必须从食物中摄取的氨基酸，其中亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸又称支链氨基酸。本试验中 M15+L30 组苏氨酸、亮氨酸含量和 LCP 组亮氨酸的含量显著升高。按黄红英等[20]的报道，支链氨基酸具有促进蛋白质合成和抑制其降解的功能；可推测本试验 M15+L30 和 LCP 组奶公牛日增重、胴体中 CP 含量应提高，这个推测与本试验的结果一致。NEAA：本试验中 M15+L30 和 LCP 组奶公牛胴体中天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、脯氨酸含量均显著升高，M15+L30 和 L30 组酪氨酸含量显著升高。再结合本试验结果中的 TAA 含量和 EAA、NEAA 占 TAA 比例，说明添加 RPMet

15 g/d+RPLys 30 g/d 在显著提高奶公牛胴体中 TAA 含量的同时，改变了胴体中 EAA、NEAA 的构成比例。Erasmus 等[21]、甄玉国[22]、王洪荣等[23]先后证明了瘤胃微生物氨基酸含量易受饲粮来源和类型的不同而产生差异，而瘤胃微生物氨基酸又是小肠氨基酸的主要来源。所以，RPMet 和 RPLys 的添加能够有效补充小肠的限制性氨基酸，使小肠接近理想氨基酸营养平衡模式，从而提高机体对氨基酸的利用效率。这可能也是本试验中奶公牛胴体 TAA 含量显著升高的原因。另外，本试验中除酪氨酸外，LCP 组与 M15+L30 组胴体中氨基酸含量差异不显著。从胴体氨基酸沉积的角度看，用 RPMet 15 g/d+RPLys 30 g/d 替代奶公牛饲粮中 2.20% 的 CP 对胴体中氨基酸的沉积同样具有积极地作用。

4 结 论

① 在 CP 含量为 13.40%的饲粮中合理添加 RPMet 和 RPLys 可提高荷斯坦奶公牛的生长性能，且以适当量的 RPMet 和 RPLys 进行组合应用效果较好。

② 适当的 RPMet 和 RPLys 进行组合应用有替代荷斯坦奶公牛饲粮中部分 CP 的潜能，但其应用效果会随着饲粮类型以及饲粮 CP 含量的变化而不同。

参考文献：

[1] 贾文彬,李建国,赵世芳.反刍动物过瘤胃氨基酸的研究进展[J].饲料博览,2005(12):10–12.

[2] 冯薇,王加启,卜登攀.奶牛过瘤胃蛋氨酸和过瘤胃赖氨酸营养研究进展[J].中国奶牛,2009(12):17–21.

[3] NOFTSGER S,ST-PIERRE N R.Supplementation of methionine and selection of highly digestible rumen undegradable protein to improve nitrogen efficiency for milk production[J].Journal of Dairy Science,2003,86(3):958–969.

[4] 丁洪涛,吕荣创.肥育牛日粮中添加瘤胃保护氨基酸的研究[J].饲料研究,2011(1):54–55.

[5] 倪丽丽,闫素梅,赵鹏,等.粗蛋白与过瘤胃蛋白对奶牛氮排泄的影响[J].饲料研究,2011(7):60–62.

[6] 郭亮,王治华,蔡治华,等.营养水平对荷斯坦肥育牛胴体品质及肉品质量的影响[J].中国兽医学报,2008,28(10):1225–1228,1238.

[7] 冯仰廉,王加启,杨红建,等.肉牛饲养标准[M].北京:中国农业出版社,2004.

[8] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003:24–68.

[9] AOAC.Official Methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists[M].15th ed.Arlington:Association of Analytical Chemists,1990.

[10] VEIRA D M,SEOANE J R,PROULX J G.Utilization of grass silage by growing cattle:effect of a supplement containing ruminally protected amino acids[J].Journal of Animal Science,1991,69(12):4703–4711.

[11] GREENWOOD R H,TITGEMEYER E C.Limiting amino acids for growing Holstein steers limit-fed soybean hull-based diets[J].Journal of Animal Science,2000,78(7):1997–2004.

[12] ABE M,IRIKI T,KANESHIGE K,et al.Adverse effects of excess lysine in calves[J].Journal of Animal Science,2001,79(5):1344–1345.

[13] 云强,刁其玉,屠焰,等.日粮中赖氨酸和蛋氨酸比对断奶犊牛生长性能和消化代谢的影响[J].中国农业科学,2011,44(1):133–142.

[14] ARCHIBEQUE S L,BURNS J C,HUNTINGTON G B.Nitrogen metabolism of beef steers fed endophyte-free tall fescue hay:effects of ruminally protected methionine supplementation[J].Journal of Animal Science,2002,80(5):1344–1351.

[15] 藺宏凯,张杨,周振勇,等.新疆褐牛体尺性状指标与体重的主成分分析[J].中国畜牧兽医,2010,37(8):130–133.

[16] OWENS F N,DUBESKI P,HANSON C F.Factors that alter the growth and development of ruminants[J].Journal of Animal Science,1993,71(11):3138–3150.

[17] 薛丰,郭晓旭,郭望山,等.日粮添加过瘤胃赖氨酸对利木赞杂交肉牛胴体性状和肉质的影响[J].中国农业大学学报,2010,15(4):82–86.

[18] HUSSEIN H S,BERGER L L.Feedlot performance and carcass characteristics of Holstein

steers as affected by source of dietary protein and level of ruminally protected lysine and methionine[J].Journal of AnimalScience,1995,73(12):3503–3509.

[19] MITCHELL H H,BLOCK R J.Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat[J].Journal of Biological Chemistry,1964,163:599–620.

[20] 黄红英,贺建华,范志勇,等.母猪日粮中支链氨基酸水平对仔猪血液生化指标和部分免疫指标的影响[J].饲料工业,2007,28(21):24–26.

[21] ERASMUS L J,BOTHA P M,MEISSNER H H.Effect of protein source on ruminal fermentation and passage of amino acids to the small intestine of lactating cows[J].Journal of Dairy Science,1994,77(12):3655–3665.

[22] 甄玉国.内蒙古白绒山羊氨基酸利用和蛋白质周转规律的研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2002.

[23] 王洪荣,徐爱秋,王梦芝,等.氨基酸对体外培养瘤胃微生物生长及发酵的影响[J].畜牧兽医学报,2010,41(9):1109–1116.

Effects of Rumen-Protected Methionine and Lysine supplementations on Growth Performance and Carcass Chemical Composition of Holstein Bulls [2]

HAN Yunsheng QU Yongli* YUAN Xue WANG Zhibo YIN Xihan LI Wei PAN Qiqi WANG Guan GAO Yan

（*College of Animal Science and Technology*, *Heilongjiang Bayi Agricultural University*, *Daqing* 163319, *China*）

Abstract: This experiment was conducted to investigate the effects of rumen-protected methionine (RPMet) and lysine (RPLys) supplementations on growth performance and carcass chemical composition of Holstein bulls, and to discuss the feasibility that RPMet and RPLys instead of part

*Corresponding author, professor, E-mail: Ylqu007@126.com (责任编辑 王智航)

protein of diet. Twenty five Holstein bulls aged about 12 months with similar body weight and body measurements were selected and divided into 5 groups with randomized experiment design, and each group included 5 Holstein bulls. The control group was fed a basal diet, the experimental groups were fed the basal diet added with RPMet 15 g/d (M15 group), RPLys 30 g/d (L30 group), RPMet 15 g+RPLys 30 g/d (M15+L30 group) and RPMet 15 g+RPLys 30 g/d (meanwhile dietary crude protein content was lowered by 2.20%) (LCP group), respectively. Adaptation and experimental periods lasted 10 d and 150 d, respectively. The results showed that compared with control group: 1) dry matter intake was not affected by RPMet and RPLys supplementations ($P>0.05$); L30, M15+L30, LCP groups significantly increased final weight and average daily gain ($P<0.05$), and the values reached the highest in M15+L30, but they were not significantly different from those in LCP group ($P>0.05$); M15+L30 and LCP groups significantly decreased feed to gain ratio ($P<0.05$), and M15+L30 group had the minimum value, but the difference between M15+L30 and LCP groups was not significant ($P>0.05$). 2) Chest girth and carcass crude protein content in M15+L30 and LCP groups were significantly increased ($P<0.05$), while there was no difference between the two groups ($P>0.05$). 3) M15+L30 and LCP groups significantly increased carcass essential amino acid contents including threonine, leucine and arginine ($P<0.05$), and the differences between the two groups were not significant ($P>0.05$); M15+L30 group significantly increased isoleucine content ($P<0.05$); M15+L30 and LCP groups had significantly higher non-essential amino acid contents including aspartate, serine, glutamic acid, glycine, alanine, cystine and proline and total amino acid content ($P<0.05$); L30 and M15+L30 groups had significantly higher tyrosine content ($P<0.05$), but there was no significantly difference between the two groups ($P>0.05$). It is concluded that dietary supplementations of RPMet and RPLys can improve growth performance and increase carcass protein and amino acid contents of Holstein bulls, and the supplementation of RPMet 15 g+RPLys 30 g/d can instead part of dietary crude protein (2.20%).

Key words: RPMet; RPLys; Holstein bulls; growth performance; carcass chemical composition